

PENGUJIAN AKURASI DAN KETELITIAN PLANIMETRIK PADA PEMETAAN BIDANG TANAH PEMUKIMAN SKALA BESAR MENGUNAKAN WAHANA *UNMANNED AERIAL VEHICLE* (UAV)

Anggoro Pratomo Adi, Yudo Prasetyo, Bambang Darmo Yuwono^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
email : anggoropratomo@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan pengukuran dan pemetaan bidang tanah di Indonesia masih sangat tinggi, dimana masih banyak bidang-bidang tanah yang belum terpetakan. Untuk itu dibutuhkan metode pengukuran dan pemetaan bidang tanah yang efektif dan efisien untuk menunjang terlaksananya pemetaan bidang tanah tersebut.

Salah satu metode efektif dan efisien yang dapat digunakan selain terestris adalah metode fotogrametri menggunakan wahana pesawat tanpa awak atau biasa disebut UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). Untuk mengetahui apakah pemetaan bidang tanah menggunakan wahana UAV memenuhi standar ketelitian geometri dan planimetrik dari BIG maupun BPN, maka perlu dilakukan pengujian mengenai ketelitian geometri dan planimetrik pada pemetaan bidang tanah menggunakan wahana pesawat tanpa awak atau UAV. Pengujian ketelitian geometri dilakukan dengan berpedoman pada Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014. Sedangkan pengujian ketelitian planimetrik dilakukan dengan membandingkan luas serta jarak dari sampel bidang-bidang tanah antara hasil pengukuran menggunakan UAV (metode fotogrametri) dengan hasil pengukuran terestris yang berpedoman pada Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997.

Dari pengujian yang dilakukan, seluruh orthofoto yang dihasilkan memenuhi standar ketelitian geometri peta RBI serta ketelitian planimetrik peta dasar pendaftaran. Selain itu, berdasarkan hasil uji statistika F (*Fisher*) tidak terdapat perbedaan ketelitian geometri yang signifikan antara orthofoto yang dibentuk dari dua buah perangkat lunak baik pada daerah yang memiliki topografi relatif datar maupun berbukit.

Kata Kunci : Bidang Tanah, Ketelitian Geometri, Ketelitian Planimetrik, UAV

ABSTRACT

Needs of measurements and plot mapping in Indonesia is very high, it shown by many unmapped plot. So required the effective and efficient method to support the plot mapping implementation.

One of the effective and efficient method that can used besides terrestrial is photogrammetric method using an UAV (Unmanned Aerial Vehicle). To determine whether the plot mapping using UAV meets the geometric and planimetric accuracy standard of BIG and BPN, it needs the geometric and planimetric accuracy test.. Testing of geometric accuracy is based on the Perka BIG 15/2014. While testing of planimetric accuracy did by comparing the area and distance from sample plot between the measurement results using UAV (photogrammetric method) with the measurement results using a Total Station (terrestrial method) that based on PMNA 3/1997.

Based on the tests, generated orthophotos meet the geometric accuracy of RBI map also the planimetric accuracy of base map registration. In addition, based on the results of F statistics test (Fisher), there are no significant differences of geometric accuracy between orthophotos that generated by two software on flat and hilly topography.

Keywords: : Geometric Accuracy, Planimetric Accuracy, Plot, UAV

^{*)}Penulis, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Kebutuhan pengukuran dan pemetaan bidang tanah di Indonesia masih sangat tinggi dimana masih banyak bidang-bidang tanah yang belum terpetakan. Untuk itu dibutuhkan metode pengukuran dan pemetaan bidang tanah yang efektif dan efisien untuk menunjang terlaksananya pemetaan bidang tanah tersebut.

Efektif dalam akuisisi atau pengambilan data serta efisien dari segi waktu maupun biaya operasional. Berdasarkan data statistik jumlah bidang tanah bersertipikat per-Provinsi dari situs resmi Badan Pertanahan Nasional, tercatat bahwa terdapat 3 Provinsi yang memiliki jumlah bidang tanah bersertipikat tertinggi, yaitu Jawa Tengah dengan jumlah 8.926.695 bidang, Jawa Timur 6.405.010 bidang serta Jawa Barat dengan 5.769.328 bidang. Di sisi lain, terdapat satu Provinsi dengan jumlah bidang tanah bersertipikat paling rendah yaitu Provinsi Papua Barat dengan jumlah 112.267 bidang. Hal tersebut membuktikan bahwa masih banyak sekali bidang tanah di Indonesia yang belum bersertipikat. Salah satu faktor utama permasalahan pendaftaran tanah di Indonesia adalah masih kurangnya ketersediaan peta dasar pendaftaran (Widhihandoko, 2015). Berangkat dari beberapa permasalahan tersebut, Pemerintah dalam hal ini Badan Pertanahan Nasional sebagai Instansi yang menangani kebutuhan kadastral di Indonesia sesuai amanah UUPA (Undang-Undang Pokok Agraria) perlu melakukan pemetaan bidang tanah secara *massive* atau dalam jumlah besar, teliti serta menggunakan metode pemetaan yang memenuhi kriteria efektif dan efisien.

Pada era modern ini, pemotretan udara tidak hanya dilakukan menggunakan pesawat berawak yang membutuhkan biaya yang tidak sedikit, melainkan menggunakan wahana pesawat tanpa awak atau UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) dengan harga terjangkau, mudah didapatkan serta memiliki kemampuan melakukan pemotretan udara seperti pesawat berawak. Terdapat 2 tipe atau model UAV, yaitu *fix wing* dan *copter*. Wahana yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah model *copter* dengan merek DJI Phantom 3 Professional, dimana UAV tersebut dapat terbang lebih stabil dibandingkan dengan model *fix wing* karena adanya *gimbal* yang berfungsi menjaga kestabilan kamera. Selain itu penulis menggunakan dua perangkat lunak pembentuk orthofoto, yaitu DroneDeploy Dashboard serta Agisoft PhotoScan. Hal tersebut dilakukan untuk membandingkan hasil orthofoto yang dibentuk antara kedua perangkat lunak tersebut dari segi

resolusi spasial serta ketelitian geometri yang dihasilkan. Penulis berasumsi bahwa dengan menggunakan DJI Phantom 3 Professional diharapkan dapat menghasilkan peta foto dengan standar ketelitian yang lebih baik.

Untuk mengetahui apakah pemetaan bidang tanah metode fotogrametri menggunakan wahana pesawat tanpa awak memenuhi standar ketelitian peta dasar dari BIG (Badan Informasi Geospasial), maka diperlukan pengujian terhadap akurasi dan ketelitian planimetrik dari orthofoto atau peta foto yang dihasilkan. Terdapat 3 parameter dalam pengujian ketelitian, yaitu ketelitian geometri, planimetrik serta ketelitian luas. Pada pengujian ketelitian geometri digunakan data pengukuran GCP (*Ground Control Point*) sebagai titik kontrol lapangan dalam proses orthorektifikasi serta ICP (*Independent Control Point*) sebagai titik uji setelah dilakukan orthorektifikasi. Ketelitian titik-titik GCP dilihat dari besar RMS (*Root Mean Square*) maupun elips kesalahan yang dihasilkan dari setiap titik. Sedangkan pada pengujian ketelitian planimetrik serta luas dilakukan dengan mengkomparasi hasil digitasi peta foto dengan hasil pengukuran situasi di lapangan menggunakan Total Station. Adapun obyek yang digunakan dalam pengujian ketelitian planimetrik serta luas adalah sampel bidang-bidang tanah baik bidang pemukiman maupun lahan kosong yang mudah diidentifikasi pada orthofoto.

Jika metode fotogrametri dengan menggunakan wahana UAV tersebut memenuhi standar dan layak untuk digunakan dalam pembuatan peta dasar, diharapkan akan menghemat atau memangkas waktu serta biaya operasional pengukuran. Oleh karena itu dilakukanlah penelitian ini.

I.2. Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana tingkat ketelitian pemetaan yang dihasilkan berdasarkan kualitas data GCP dan ICP baik sebelum maupun setelah dilakukan orthorektifikasi?
2. Bagaimana tingkat ketelitian geometri dan planimetrik pada pemetaan bidang tanah pemukiman skala besar menggunakan UAV berdasarkan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 serta Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997?

3. Apakah terdapat perbedaan tingkat ketelitian geometri maupun planimetrik antara hasil orthofoto pada daerah yang memiliki bentuk topografi relatif datar dengan daerah yang memiliki bentuk topografi berbukit berdasarkan analisis kualitatif dan kuantitatif?
4. Apakah terdapat perbedaan ketelitian geometri secara signifikan yang dihasilkan antara orthofoto hasil pengolahan menggunakan *Cloud Base DroneDeploy Dashboard* dengan pengolahan menggunakan perangkat lunak Agisoft PhotoScan berdasarkan analisis kualitatif dan kuantitatif?

I.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui akurasi dan ketelitian planimetrik peta bidang tanah yang dihasilkan dari pemotretan udara menggunakan UAV DJI Phantom 3 Professional.
2. Untuk mengetahui apakah pemetaan bidang tanah menggunakan UAV DJI Phantom 3 Professional memenuhi standar ketelitian peta dasar dari BIG maupun BPN.
3. Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan tingkat ketelitian geometri maupun planimetrik antara hasil orthofoto pada daerah yang memiliki bentuk topografi relatif datar dengan daerah yang memiliki bentuk topografi berbukit.
4. Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan ketelitian geometri maupun kualitas resolusi spasial yang dihasilkan antara orthofoto hasil pengolahan menggunakan *Cloud Base DroneDeploy Dashboard* dengan pengolahan menggunakan perangkat lunak Agisoft PhotoScan.

I.4. Ruang Lingkup Penelitian

Dalam menjelaskan permasalahan yang akan dibahas di dalam penelitian ini dan agar tidak terlalu jauh dari kajian masalah yang dipaparkan, maka ruang lingkup dalam penelitian ini antara lain :

1. Terdapat 2 (dua) *Plan* terbang, yaitu *Plan 1* dengan bentuk topografi yang relatif datar serta *Plan 2* dengan bentuk topografi berbukit, dimana dua *Plan* tersebut masih berada dalam wilayah penelitian yaitu Kelurahan Bulusan, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang.
2. Ketinggian terbang yang penulis gunakan adalah 60 m diatas permukaan tanah dengan *sidelap* 65% dan *frontlap* 70%.
3. Metode yang digunakan dalam pengukuran GCP menggunakan GPS Geodetik adalah metode statik

model radial dengan titik BM (*Benchmark*) GD 16 sebagai *base*.

4. Jumlah GCP dan ICP pada setiap *Plan* adalah sebanyak 9 titik GCP serta 5 titik ICP.
5. Perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah hasil foto udara menjadi orthofoto adalah *Cloud Base DroneDeploy Dashboard* serta Agisoft PhotoScan.
6. Terdapat 3 parameter dalam pengujian ketelitian, yaitu ketelitian geometri, planimetrik jarak serta ketelitian luas.
7. Jumlah sampel bidang untuk pengujian ketelitian planimetrik luas adalah 6 bidang tanah. Sedangkan untuk pengujian ketelitian planimetrik jarak digunakan 12 sampel jarak yang diambil dari sampel bidang (2 sisi/jarak pada tiap bidang).
8. Pedoman yang digunakan dalam pengujian ketelitian geometri adalah Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.
9. Pedoman yang digunakan dalam pengujian ketelitian planimetrik dan luas adalah Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar Pendaftaran.

I.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Aspek Keilmuan
Mengetahui akurasi dan ketelitian planimetrik peta foto yang dihasilkan dari pengukuran menggunakan wahana UAV. Sehingga diharapkan foto udara menggunakan UAV dapat menjadi salah satu kegiatan praktikum mata kuliah fotogrametri khususnya pada Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
2. Aspek Kerekayasaan
Memberikan metode beserta wahana alternatif untuk pemetaan bidang tanah bagi BPN maupun instansi terkait yang memenuhi kriteria efektif dan efisien dari segi waktu maupun biaya operasional pengukuran.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Foto Udara Format Kecil

Foto udara merupakan citra yang direkam dari udara untuk memperoleh gambaran dari sebagian permukaan bumi menggunakan wahana pesawat terbang dengan ketinggian dan perangkat (kamera) tertentu. Foto udara format kecil menggunakan kamera non-metrik dan mempunyai ciri tidak adanya informasi

tepi foto seperti jam terbang, fokus kamera maupun nivo.

Keunggulan dari foto udara format kecil antara lain mudah dalam pengoperasian karena peralatan yang digunakan dalam pemotretan lebih sederhana serta dapat diperoleh foto udara dengan skala yang lebih besar karena wahana yang digunakan adalah pesawat ultra ringan yang dapat terbang rendah dibawah awan, sehingga efek gangguan atmosfer dapat diminimalisir (Warner, W.S, Graham R.W dan Read R.E, 1996).

II.2. Mosaik Foto Udara

Mosaik foto udara merupakan gabungan dari dua buah atau lebih foto udara yang saling bertampalan dan disusun sedemikian rupa sehingga terbentuk paduan gambar yang berkesinambungan. Pada foto udara *digital*, pembuatan mosaik sepenuhnya dilakukan pada sebuah komputer dengan bantuan perangkat lunak.

Mosaik foto udara memiliki banyak keunggulan sehingga dapat digunakan untuk pekerjaan perencanaan, pemetaan serta pekerjaan rekayasa lainnya. Semua perwujudan kritis yang dapat mempengaruhi pekerjaan foto udara di daerah tertentu dapat segera diinterpretasikan dan diperhitungkan, sehingga memudahkan dalam proses pengambilan keputusan (Suharsana, 1999).

II.3. Orthorektifikasi

Orthorektifikasi adalah proses koreksi geometrik citra satelit atau foto udara untuk memperbaiki kesalahan geometrik citra yang bersumber dari pengaruh topografi, sensor geometri dan kesalahan lainnya. Orthorektifikasi sangat penting untuk dilakukan apabila citra akan digunakan untuk memetakan dan mengekstrak informasi dimensi, seperti lokasi, jarak, panjang, luasan, dan volume. Hasil dari orthorektifikasi adalah citra tegak (orthofoto) yang mempunyai skala seragam di seluruh bagian citra dan disajikan menjadi sebuah peta foto (*Pixelcooker*, 2014).

II.4. Penentuan Posisi Metode Absolut

Penentuan posisi metode absolut adalah metode penentuan posisi yang paling mendasar dari GPS disebut juga sebagai *precise point positioning*. Pada umumnya data yang digunakan pada penentuan posisi metode absolut adalah *pseudorange* yang memerlukan empat parameter yang harus dipecahkan yaitu parameter koordinat dan parameter kesalahan jam *receiver* GPS atau *carrier phase* apabila telah diketahui

nilai *cycle ambiguity* nya (Sunantyo, 1999 dalam Laksana, 2014).

II.5. Pemetaan Situasi Menggunakan Total Station

Pemetaan situasi adalah pemetaan yang dilakukan untuk mendapatkan gambaran situasi maupun detil suatu daerah atau wilayah tertentu yang mencakup survei pengukuran, pengolahan serta penyajian data (Basuki, 2006). Terdapat dua tahap dalam pelaksanaan pemetaan situasi dan detil menggunakan Total Station, yaitu membuat kerangka poligon kemudian mengukur titik-titik situasi dan detil.

Pengukuran poligon dilakukan untuk membuat kerangka atau titik-titik ikat dimana titik-titik ikat poligon tersebut juga berfungsi sebagai titik berdiri alat, dalam membuat kerangka poligon biasanya mengelilingi area yang akan dipetakan agar semua situasi dan detil dapat terukur. Pengukuran situasi dan detil dilakukan setelah pengukuran poligon, dimana titik-titik poligon yang telah dibuat dijadikan sebagai titik berdiri alat.

III. Pelaksanaan Penelitian

III.1. Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan dan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah

1. Alat penelitian

Peralatan yang dibutuhkan untuk penelitian dibagi menjadi dua komponen yaitu :

a. Perangkat Keras/*Hardware*

- 1) Laptop merk ASUS seri ROG G551JM, dengan spesifikasi *Processor Intel inside™ Core i7-4710HQ CPU @ 2.5 GHz*, RAM 8,00 GB, *Harddisk* 800GB.
- 2) GPS Geodetik Topcon HiPer SR.
- 3) Total Station Topcon GTS-225 N.
- 4) Pesawat tanpa awak merk DJI seri Phantom 3 Professional.

b. Perangkat Lunak/*Software*

- 1) Topcon Link
- 2) Topcon Tools v.8.2.3
- 3) PCI Geomatics OrthoEngine 2015
- 4) Agisoft PhotoScan
- 5) Global Mapper 15
- 6) Microsoft Office Word 2013
- 7) Microsoft Office Excel 2013

2. Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

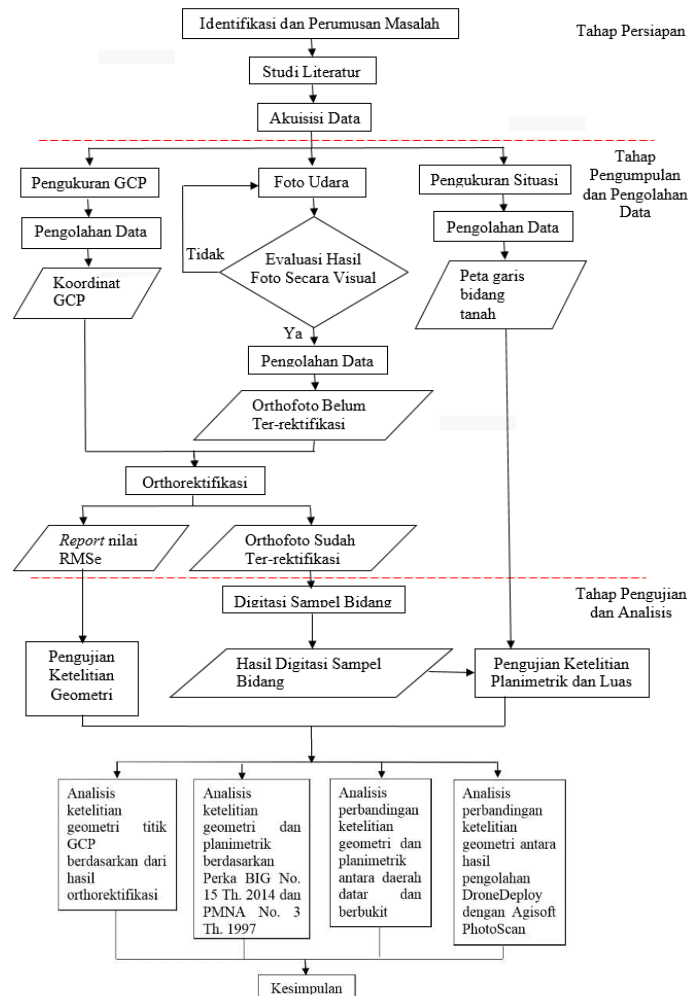
- a. Peta Administrasi Kelurahan Bulusan.
- b. Citra Satelit Kelurahan Bulusan dari Google Earth.

c. Koordinat *Benchmark* GD 16.

menit karena jarak area *Plan* 2 terhadap *base* GD 16 lebih jauh daripada *Plan* 1.

III.2. Metodologi

Skema metodologi penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir gambar III.1.



Gambar III.1. Diagram Alir Penelitian

III.3. Pengukuran GPS

Pengukuran GPS pada titik-titik GCP dilakukan menggunakan GPS Geodetik merk Topcon Hiper SR yang sudah di-*setting* dapat melakukan perekaman data setiap 1 detik. Pengukuran dilakukan dengan metode statik dan model jaring radial, dimana satu *receiver* sebagai *base* yaitu titik BM GD 16 yang terdapat didalam wilayah Kampus UNDIP Tembalang dan dua *receiver* lainnya sebagai *rover*.

Pengukuran atau pengamatan GPS pada titik-titik GCP pada *Plan* 1 setiap titik dilakukan selama ± 30 menit tergantung dari banyaknya *obstacle* disekitar titik yang diamati. Sedangkan pada *Plan* 2 setiap titik GCP dilakukan pengamatan GPS dengan waktu ± 45

III.4. Pemotretan Udara

Pada penelitian ini, foto udara dengan UAV dilakukan menggunakan DJI Phantom 3 Professional dengan aplikasi DJI GO untuk melakukan penyetelan UAV seperti kalibrasi kompas dan gimbal serta aplikasi DroneDeploy untuk menerbangkan UAV secara otomatis (*autopilot*) sesuai jalur terbang yang telah direncanakan sekaligus melakukan pemotretan. Lokasi penelitian dibagi menjadi 2 (dua) *Plan*, dimana *Plan* pertama adalah pemukiman disekitar Bulusan Selatan dan *Plan* kedua adalah perumahan Bukit Cemara Residence. Antara *Plan* 1 dengan *Plan* 2 memiliki bentuk topografi yang berbeda, topografi pada *Plan* 1 relatif datar sedangkan topografi *Plan* 2 sedikit berbukit.

III.5. Pembentukan Orthofoto

Setelah melakukan pemotretan udara dan menyeleksi data hasil pemotretan, kemudian dilakukan pembentukan orthofoto. Terdapat banyak perangkat lunak yang dapat digunakan untuk membentuk hasil foto udara menjadi orthofoto, namun pada penelitian ini pembentukan orthofoto dilakukan menggunakan *Cloud Base DroneDeploy Dashboard* serta perangkat lunak *Agisoft PhotoScan*. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan ketelitian geometri maupun kualitas resolusi spasial orthofoto yang dihasilkan dari kedua perangkat lunak tersebut.

III.6. Pengukuran Terestris Menggunakan Total Station

Pengukuran terestris dilakukan menggunakan Total Station sebagai data pembanding pada saat dilakukan pengujian. Metode atau jaring poligon yang digunakan adalah poligon terikat dua titik dimana dua titik tersebut adalah GCP yang telah memiliki koordinat dari hasil pengamatan GPS Geodetik.

Pada pengukuran terestris tidak semua bidang diukur, melainkan hanya sampel bidang-bidang tanah sebanyak 6 sampel bidang yang tidak saling berhimpitan antara satu bidang tanah dengan bidang yang lain. Selain sampel bidang, titik-titik ICP (*Independent Control Point*) juga diukur menggunakan Total Station. Titik ICP berada pada posisi yang mudah diidentifikasi seperti pojok siku jalan maupun selokan.

III.7. Orthorektifikasi

Setelah mendapatkan orthofoto serta koordinat titik-titik GCP dan ICP, selanjutnya dilakukan proses orthorektifikasi. Orthorektifikasi dilakukan agar orthofoto kembali pada posisi dan koordinat sebenarnya karena pada saat pengambilan data terjadi pergeseran (*displacement*) yang diakibatkan karena foto yang terlalu miring maupun karena variasi topografi. Pada penelitian ini, tahapan orthorektifikasi dilakukan menggunakan perangkat lunak *OrthoEngine 2015* dengan model perhitungan matematis polinomial.

III.8. Uji Ketelitian Geometri

Pengujian ketelitian geometri berpedoman pada Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Pengujiannya dilakukan dengan cara menghitung nilai CE90 terlebih dahulu menggunakan rumus (III-1) :

$$CE90 = 1.5175 \times RMSE_x \dots \dots \dots (III-1)$$

Keterangan :

$RMSE_x$ = *Root Mean Square Error* pada posisi x dan y (horisontal)

CE90 = nilai ketelitian posisi horisontal dengan tingkat kepercayaan 90%

Nilai RMSe (*Root Mean Square Error*) baik *Plan 1* maupun *Plan 2* diketahui dari hasil *report* orthorektifikasi menggunakan perangkat lunak *OrthoEngine 2015*. Kemudian dilakukan pengujian hasil perhitungan CE90 tersebut dengan berpedoman pada tabel III.1 yang berisi tentang Klasifikasi Ketelitian Geometri dari BIG, untuk mengetahui masuk dalam skala dan kelas manakah orthofoto yang dihasilkan dari penelitian ini.

Tabel III.1 Klasifikasi Ketelitian Geometri Peta RBI

No.	Skala	Ketelitian Peta RBI		
		Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
		CE90 (m)	CE90 (m)	CE90 (m)
1.	1 : 1.000.000	200	300	500
2.	1 : 500.000	100	150	250
3.	1 : 250.000	50	75	125
4.	1 : 100.000	20	30	50
5.	1 : 50.000	10	15	25
6.	1 : 25.000	5	7.5	12.5
7.	1 : 10.000	2	3	5
8.	1 : 5.000	1	1.5	2.5
9.	1 : 2.500	0.5	0.75	1.25
10.	1 : 1.000	0.2	0.3	0.5

III.9. Uji Signifikansi F (*Fisher*)

Pengujian statistik signifikansi F (*Fisher*) dilakukan terhadap ketelitian geometri *Plan 1* yang memiliki topografi relatif datar dengan *Plan 2* yang memiliki topografi berbukit. Selain itu pengujian statistik signifikansi F (*Fisher*) juga dilakukan terhadap ketelitian geometri antara hasil pengolahan orthofoto dari perangkat lunak *DroneDeploy Dashboard* dengan perangkat lunak *Agisoft PhotoScan*.

Langkah pertama dalam uji statistik F ini adalah menghitung variansi dari standar deviasi yang dihasilkan dari proses orthorektifikasi. Dari nilai variansi tersebut dilakukan perhitungan nilai F (F hitung) menggunakan rumus (III-2) :

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} \dots \dots \dots (III-2)$$

Keterangan :

s_1^2 = variansi populasi 1

s_2^2 = variansi populasi 2

Kemudian hasil perhitungan nilai F diuji terhadap nilai F tabel dengan selang kepercayaan 95%. Hipotesis nol yang digunakan pada uji statistik ini adalah kedua populasi yang di uji tidak memiliki perbedaan yang signifikan, sehingga :

Hipotesis nol (F hitung < dari F tabel)

Hipotesis alternatif (F hitung > dari F tabel)

III.10. Uji Ketelitian Planimetrik Jarak

Standar pengujian ketelitian planimetrik berpedoman pada Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar Pendaftaran.

Langkah pertama adalah menghitung nilai RMS jarak menggunakan rumus (III-3) :

$$\text{RMS jarak} = \sqrt{\frac{\sum(\Delta D - \Delta D \text{ rata-rata})^2}{n}} \dots\dots\dots(\text{III-3})$$

Keterangan :

ΔD = selisih jarak di foto dengan lapangan

n = jumlah sampel jarak

Jarak yang digunakan dalam perhitungan RMS tersebut diambil dari 6 sampel bidang tanah yang sudah ditentukan. Kemudian dilakukan perhitungan toleransi kesalahan planimetrik jarak seperti pada rumus (III-4) :

$$\text{RMS jarak} \leq 0.3 \text{ mm pada skala peta} \dots\dots\dots(\text{III-4})$$

Jika nilai toleransi RMS jarak sudah diketahui, maka pengujian ketelitian planimetrik jarak dapat dilakukan dengan mengecek apakah nilai RMS jarak yang sudah dihitung memenuhi toleransi atau tidak.

III.11. Uji Ketelitian Planimetrik Luas

Standar pengujian ketelitian planimetrik berpedoman pada Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar Pendaftaran.

Langkah pertama dalam pengujian ketelitian luas ini adalah menghitung selisih luas antara luas pada orthofoto dengan luas sebenarnya di lapangan. Luas tersebut merupakan luas dari 6 sampel bidang yang sudah ditentukan. Kemudian selisih luas tersebut diuji menggunakan rumus toleransi kesalahan seperti pada rumus (III-5) :

$$\text{Toleransi Kesalahan Luas} = \pm 0.5 \sqrt{L} \dots\dots\dots(\text{III-5})$$

Keterangan :

L = luas yang dianggap benar (luas di lapangan)

Dengan menghitung toleransi luas tersebut sehingga dapat diketahui apakah selisih luas 6 sampel bidang tersebut memenuhi toleransi atau tidak.

IV. Hasil dan Analisis

IV.1. Hasil Pengolahan Data GPS

Hasil dari pengolahan data GPS adalah koordinat titik-titik GCP. Metode pengukuran GPS yang digunakan adalah metode statik dengan model

jarring radial, dimana terdapat 1 titik sebagai *base* yaitu BM GD 16 yang berada di dalam wilayah kampus UNDIP Tembalang. Panjang *baseline* terjauh untuk *Plan 1* adalah 1.489 km sedangkan pada *Plan 2* adalah 2.231 km.

Hasil pengolahan data GPS dalam penelitian ini, baik *Plan 1* maupun *Plan 2* memiliki *Solution Type* yang baik yaitu *Fixed* dan tidak ada satu titik pun yang *Float*, artinya semua titik GCP yang diukur memiliki koordinat yang baik atau mendekati koordinat sebenarnya dilapangan. Hal tersebut sangat mempengaruhi standar deviasi yang dihasilkan. Pada penelitian ini, terdapat 6 titik yang memiliki nilai standar deviasi posisi horisontal sebesar 0.001 m yaitu titik GCP 01, GCP 04 dan GCP 08 pada *Plan 1* serta titik GCP 02, GCP 03 dan GCP 06 pada *Plan 2*. Namun juga terdapat satu titik yang memiliki nilai standar deviasi posisi horisontal terbesar, yaitu 0.009 m yang terdapat pada titik GCP 08 di *Plan 2*.

IV.2. Hasil Pembentukan Orthofoto



Gambar IV.1. Hasil Orthofoto *Plan 1* Menggunakan DroneDeploy Dashboard



Gambar IV.2. Hasil Orthofoto *Plan 1* Menggunakan Agisoft PhotoScan

Pengolahan foto-foto hasil pemotretan menjadi orthofoto dilakukan menggunakan dua perangkat lunak, yaitu perangkat lunak *Cloud Base DroneDeploy Dashboard* serta *Agisoft PhotoScan*. Dengan menggunakan *DroneDeploy Dashboard*, waktu yang

dibutuhkan dalam pembentukan orthofoto ± 5 jam untuk *Plan 1* dan ± 6 jam untuk *Plan 2*. Sedangkan menggunakan perangkat lunak Agisoft PhotoScan dibutuhkan waktu yang lebih lama, yaitu ± 19 jam untuk *Plan 1* dan ± 23 jam untuk *Plan 2*. Contoh hasil orthofoto *Plan 1* yang diolah menggunakan DroneDeploy Dashboard serta Agisoft PhotoScan dapat dilihat pada gambar IV.1 dan IV.2.

Pembentukan orthofoto baik menggunakan perangkat lunak pengolah *Cloud Base* DroneDeploy Dashboard maupun Agisoft PhotoScan menghasilkan orthofoto yang cukup baik. Resolusi spasial serta tingkat kecerahan orthofoto hasil dari *Cloud Base* DroneDeploy Dashboard sedikit lebih baik jika dibandingkan dengan hasil orthofoto dari Agisoft PhotoScan.

IV.3. Hasil Orthorektifikasi

Hasil dari proses orthorektifikasi adalah *report* yang berisi nilai RMSe total maupun tiap titik pada masing-masing *Plan*. Dari *report* orthorektifikasi *Plan 1* hasil pembentukan orthofoto menggunakan perangkat lunak DroneDeploy Dashboard didapatkan nilai RMS *check point* sebesar 0.01 m dan untuk *Plan 2* sebesar 0.02 m. Sedangkan hasil pembentukan orthofoto menggunakan perangkat lunak Agisoft PhotoScan *Plan 1* didapatkan nilai RMS *check point* 0.02 m dan untuk *Plan 2* sebesar 0.03 m.

IV.4. Hasil Uji Ketelitian Geometri

Pengujian ketelitian geometris dilakukan dengan menghitung nilai CE90 terlebih dahulu, dimana rumus untuk mencari CE90 dapat dilihat pada rumus (III-1). Nilai RMSe tiap *Plan* yang digunakan sesuai dengan hasil *Report* RMSe *check points* pada hasil orthorektifikasi. Setelah diketahui nilai CE90 kemudian nilai tersebut diuji dengan tabel klasifikasi ketelitian geometris peta RBI yang dapat dilihat pada tabel III.1. Hasil pengujian ketelitian geometri yang mengacu pada Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar dapat dilihat pada tabel IV.3.

Tabel IV.3 Hasil Uji Ketelitian Geometri *Plan 1* dan *Plan 2*

Plan	RMSe (m)	CE90 (m)	Skala Peta	Kelas
Plan 1 DroneDeploy	0.01	0.015	1 : 1.000	Kelas I
Plan 2 DroneDeploy	0.02	0.030	1 : 1.000	Kelas I
Plan 1 Agisoft	0.02	0.030	1 : 1.000	Kelas I
Plan 2 Agisoft	0.03	0.045	1 : 1.000	Kelas I

Berdasarkan hasil pengujian ketelitian geometris diatas, semua orthofoto yang dihasilkan dari pengolahan menggunakan perangkat lunak DroneDeploy Dashboard maupun Agisoft PhotoScan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai peta dasar karena memenuhi klasifikasi ketelitian geometri peta RBI skala 1 : 1.000 kelas 1 sesuai dengan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014.

Tabel IV.4 Ketentuan Ketelitian Peta RBI Berdasarkan Kelas

Ketelitian	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal	0.2 mm x bilangan skala	0.3 mm x bilangan skala	0.3 mm x bilangan skala
Vertikal	0.5 x interval kontur	1.5 x ketelitian kelas 1	2.5 x ketelitian kelas 1

Bahkan jika mengacu pada ketentuan ketelitian peta RBI berdasarkan kelas seperti pada tabel IV.4. Nilai CE90 yang dihasilkan pada tabel IV.3 masih masuk dalam kriteria peta dasar skala 1 : 500 kelas 1, karena toleransi nilai CE90 untuk skala 1 : 500 kelas 1 berdasarkan tabel IV.9 diatas adalah sebesar 0.1 m. Sedangkan nilai CE90 tertinggi adalah 0.045, sehingga semua orthofoto yang dihasilkan memenuhi toleransi nilai CE90 pada skala 1 : 500 kelas 1.

IV.5. Hasil Uji Signifikansi F (Fisher)

Uji signifikansi F dilakukan dengan menghitung nilai standar deviasi rata-rata dan nilai variansi pada tiap *Plan*. Adapun hasil perhitungan standar deviasi rata-rata serta variansi pada tiap *Plan* dapat dilihat pada tabel IV.5.

Tabel IV.5 Uji Signifikansi F

No.	Plan	Standar Deviasi Rata-Rata (S)	Variansi (S ²)	F Hitung	F Tabel ($\alpha=0.10$)
1	Plan 1 DroneDeploy	0,014	0,000196	(A) 2,47	3,45
2	Plan 2 DroneDeploy	0,022	0,000484	(B) 1,96	3,45
3	Plan 1 Agisoft	0,025	0,000625	(C) 3,19	3,45
4	Plan 2 Agisoft	0,035	0,001225	(D) 2,53	3,45

Kemudian dari nilai standar deviasi rata-rata serta variansi tersebut dilakukan perhitungan nilai F (F hitung) menggunakan rumus (III-2) dengan hasil semua hitungan F atau F hitung lebih kecil dari nilai F tabel dengan tingkat kepercayaan 90% ($\alpha=0.10$).

Dari hasil pengujian signifikansi F tersebut, terbukti bahwa semua pengujian menghasilkan F hitung < F tabel atau dengan kata lain hipotesis H_0 diterima. Sehingga antara *Plan 1* yang memiliki topografi relatif datar dengan *Plan 2* yang memiliki topografi berbukit tidak memiliki perbedaan ketelitian geometri yang signifikan. Begitu juga antara hasil orthofoto yang diolah menggunakan perangkat lunak

DroneDeploy Dashboard dengan orthofoto yang diolah menggunakan perangkat lunak Agisoft PhotoScan tidak memiliki perbedaan ketelitian geometri yang signifikan.

IV.6. Hasil Uji Ketelitian Planimetrik Jarak

Pengujian ketelitian planimetrik dilakukan dengan menghitung selisih dari sampel jarak maupun luas antara digitasi orthofoto dengan data pengukuran terestris. Banyaknya sampel bidang pada tiap *Plan* adalah 6 sampel bidang, sedangkan sampel jarak sebanyak 12 sampel. Dari hasil selisih sampel jarak tersebut kemudian dihitung nilai RMS jarak dengan rumus (III-3), sehingga didapatkan nilai RMS jarak *Plan 1* sebesar 0.144 m dan *Plan 2* sebesar 0.132 m. Setelah menghitung RMS jarak, kemudian diuji dengan standar pengujian ketelitian planimetris yang mengacu pada Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar Pendaftaran, dimana kesalahan planimetrik (RMS jarak) harus ≤ 0.3 mm pada skala peta yang diinginkan. Pada penelitian ini, pengujian dilakukan untuk peta skala 1 : 500, sehingga dengan menggunakan rumus (III-4) didapatkan nilai toleransi RMS jarak sebesar 0.15 m.

Dari hasil perhitungan RMS jarak pada *Plan 1* maupun *Plan 2*, dapat disimpulkan bahwa kedua *Plan* memenuhi toleransi ketelitian planimetrik jarak sesuai Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar Pendaftaran, karena nilai RMS jarak *Plan 1* dan *Plan 2* ≤ 0.15 m.

IV.7. Hasil Uji Ketelitian Planimetrik Luas

Pengujian ketelitian planimetrik luas dilakukan dengan menghitung selisih luas sampel bidang antara luas di foto dengan luas sebenarnya dari data hasil pengukuran Total Station. Banyak sampel bidang pada tiap *Plan* adalah sejumlah 6 sampel bidang. Kemudian selisih luas tersebut diuji dengan nilai toleransi selisih luas seperti pada rumus (III-5), yaitu toleransi kesalahan luas = $\pm 0.5 \sqrt{L}$ dengan L adalah luas sebenarnya di lapangan. Perhitungan selisih luas *Plan 1* dan *Plan 2* dapat dilihat pada tabel IV.6 dan tabel IV.7.

Tabel IV.6 Perhitungan Selisih Luas *Plan 1*

Sampel Bidang	Luas di Foto (m)	Luas di Lapangan (m)	Selisih (m)	Toleransi (m)	Keterangan
1	95.01	95.04	-0.028	± 4.8743718	Memenuhi
2	130.38	129.69	0.690	± 5.6940759	Memenuhi
3	435.17	436.06	-0.890	± 10.441025	Memenuhi
4	230.38	232.27	-1.890	± 7.6202034	Memenuhi
5	913.24	912.90	0.340	± 15.107118	Memenuhi
6	329.56	327.87	1.690	± 9.0535904	Memenuhi

Tabel IV.7 Perhitungan Selisih Luas *Plan 2*

Sampel Bidang	Luas di Foto (m)	Luas di Lapangan (m)	Selisih (m)	Toleransi (m)	Keterangan
1	130.61	132.48	-1.87	± 5.7549978	Memenuhi
2	220.09	223.56	-3.47	± 7.4759615	Memenuhi
3	2641.30	2663.00	-21.70	± 25.802132	Memenuhi
4	84.37	86.58	-2.21	± 4.6524456	Memenuhi
5	221.67	226.48	-4.81	± 7.5246262	Memenuhi
6	337.99	344.09	-6.10	± 9.2748315	Memenuhi

Dari hasil perhitungan selisih luas pada *Plan 1* dan *Plan 2* tersebut, dapat disimpulkan bahwa *Plan 1* maupun *Plan 2* memenuhi toleransi ketelitian planimetrik luas sesuai Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar Pendaftaran, karena semua sampel bidang baik pada *Plan 1* maupun *Plan 2* memiliki selisih luas yang memenuhi toleransi.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai pengujian akurasi dan ketelitian planimetrik pada pemetaan bidang tanah pemukiman skala besar menggunakan wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) yang telah dilakukan, terdapat beberapa kesimpulan yang menjawab rumusan masalah. Adapun kesimpulan hasil penelitian ini adalah :

1. Tingkat ketelitian pemetaan yang dihasilkan baik sebelum maupun setelah dilakukan orthorektifikasi pada penelitian ini cukup baik. Hal tersebut dibuktikan dengan beberapa aspek yaitu nilai SOF (*Strength Of Figure*) jaring GCP, elips kesalahan, RMS GCP serta akurasi geometri peta foto yang diuji menggunakan ICP.
2. Berdasarkan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, orthofoto yang dihasilkan dari pengolahan menggunakan perangkat lunak DroneDeploy Dashboard maupun Agisoft PhotoScan pada *Plan 1* dan *Plan 2* memenuhi klasifikasi ketelitian geometri peta RBI skala 1 : 500 pada kelas 1. Selain itu, dengan mengacu pada Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar Pendaftaran, orthofoto *Plan 1* maupun *Plan 2* memiliki ketelitian planimetrik jarak dan luas yang baik, karena memenuhi toleransi kesalahan jarak (RMS jarak) dan luas untuk peta dasar skala 1 : 500.

3. Berdasarkan uji statistik F (*Fisher*) tidak terdapat perbedaan ketelitian geometri yang signifikan antara orthofoto *Plan 1* yang memiliki topografi relatif datar dengan orthofoto *Plan 2* yang memiliki topografi berbukit baik yang diolah menggunakan perangkat lunak DroneDeploy Dashboard maupun Agisoft PhotoScan. Dimana nilai F hitung untuk orthofoto hasil pengolahan menggunakan perangkat lunak DroneDeploy Dashboard sebesar 2,47 dan nilai F hitung untuk orthofoto hasil pengolahan menggunakan perangkat lunak Agisoft PhotoScan sebesar 1,96. Sedangkan nilai F tabel ($\alpha=0,10$) adalah 3,45, sehingga F hitung < F tabel atau dengan kata lain hipotesis H_0 diterima.
4. Berdasarkan uji statistik F (*Fisher*) tidak terdapat perbedaan ketelitian geometri yang signifikan antara orthofoto yang dihasilkan dari pengolahan menggunakan perangkat lunak DroneDeploy Dashboard dengan orthofoto yang dihasilkan dari pengolahan menggunakan perangkat lunak Agisoft PhotoScan baik pada *Plan 1* maupun *Plan 2*. Dimana nilai F hitung *Plan 1* sebesar 3,19 dan nilai F hitung pada *Plan 2* sebesar 2,53. Sedangkan nilai F tabel ($\alpha=0,10$) adalah 3,45, sehingga F hitung < F tabel atau dengan kata lain hipotesis H_0 diterima.
5. Disarankan untuk melakukan pengkajian terhadap kekuatan jaring titik GCP (*Strength Of Figure*) serta melakukan pre-analisis mengenai elips kesalahan yang dihasilkan tiap titik GCP untuk memastikan validitas titik GCP.
6. Disarankan untuk melakukan penelitian pemetaan menggunakan UAV pada bidang lain, seperti pemodelan 3 dimensi, pembuatan peta NDVI dan sebagainya, karena teknologi UAV sekarang sangat memiliki potensi besar dalam kegiatan pemetaan khususnya pemetaan skala besar.

Daftar Pustaka

- Basuki, S. 2006. *Ilmu Ukur Tanah*. Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- BIG. 2014. *Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar*. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014.
- BPN. 1997. *Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar Pendaftaran*. Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997.
- Laksana, I. 2014. *Penentuan Posisi Stasiun GNSS CORS Undip Pada Tahun 2013 dan 2014*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Pixelcooker. 2014. *Tutorial Orthorektifikasi Citra Satelit Resolusi Sedang (Citra ASTER)*. <http://pixelcooker.blogspot.co.id/2014/02/tutorial-orthorektifikasi-citra-satelit.html> . Diakses pada 10 Agustus 2016.
- Suharsana. 1999. *Fotogrametri Dasar*. Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Warner, W.S, Graham R.W dan Read R.E. 1996. *Small Format Aerial Photography*. Whittles Publishing Services. Caithness, Skotlandia.
- Widhihandoko. 2015. *Pendaftaran Tanah di Indonesia*. <http://widhihandoko.com/?p=618> . Diakses pada 5 Agustus 2016.

V.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis memiliki beberapa saran untuk diterapkan pada penelitian sejenis selanjutnya. Adapun saran tersebut antara lain :

1. Disarankan untuk melakukan komparasi antara hasil orthofoto menggunakan wahana pesawat tanpa awak model *quad copter* dengan model *fix wing*.
2. Disarankan untuk mengoptimalkan penggunaan UAV model *quad copter*, khususnya yang memiliki fitur penunjang, seperti IMU, *gimbal*, *auto calibrate gimbal and compass* dan sebagainya.
3. Disarankan memperbanyak jumlah titik cek atau ICP (*Independent Control Point*) dan dilakukan pengamatan menggunakan GPS Geodetik untuk mendapatkan koordinat titik cek tersebut.
4. Untuk validasi data disarankan menggunakan alat ukur yang memiliki orde ketelitian yang lebih baik dari produk peta orthofoto yang akan dihasilkan.